Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BACHELOR UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

GÉNIE CHIMIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS

ÉVALUATION DE COMPÉTENCE : C4 « PILOTER » DU PARCOURS CONTRÔLE, PILOTAGE ET OPTIMISATION DES PROCÉDÉS

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
GÉNIE CHIMIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS	3, INDICATIF ET DÉFINI SELON LES MODALITÉS DE CONTRÔLE DES CONNAISSANCES ET DES COMPÉTENCES DE L'ÉTABLISSEMENT

Moyens de calculs et matériel autorisés :

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet et d'une calculatrice autorisée.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : AQUAPROCÉDÉS SERVICES, UNITÉ DE TRAITEMENT PILOTE DE SAINT-NAZAIRE, LOIRE-ATLANTIQUE

Vous assurez la conduite de l'unité pilote de neutralisation des eaux de lavage d'AquaProcédés Services. La cuve automatisée reçoit un lot aqueux acide, homogénéise le contenu par agitation, ajoute une solution de soude, puis autorise le transfert vers une cuve de contrôle. La conduite est réalisée depuis une supervision reliée à un automate programmable industriel.

Le cahier des charges impose un pH final compris entre 6,5 et 8,5, l'absence de transfert tant que le pH n'est pas conforme et une traçabilité des alarmes et interventions. Le volume nominal d'un lot est de 1,20 m³. En cas de dérive ou de défaillance, la priorité est de mettre l'installation et les personnes en sécurité, puis de communiquer l'état du procédé à l'équipe de maintenance.

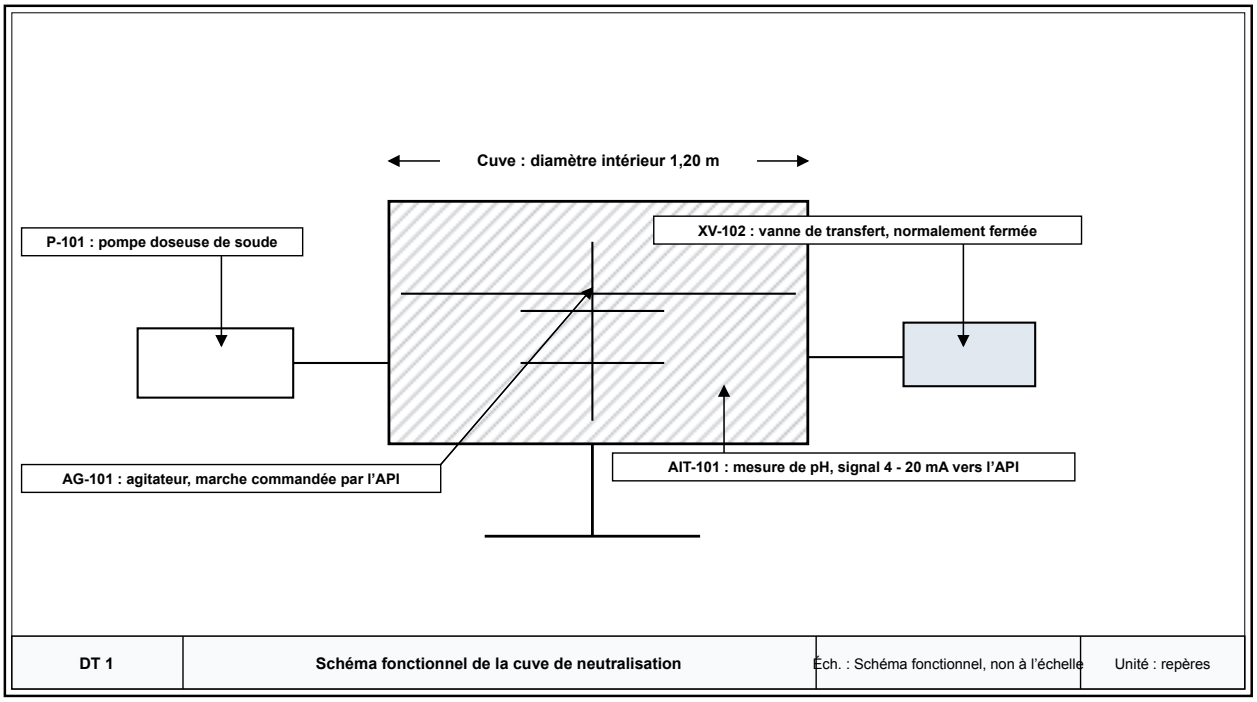
Le référentiel national du BUT GCGP rattache le pilotage au parcours CPOP à la compétence C4 « Piloter ». L'appellation « C8 » peut être utilisée localement pour désigner une évaluation de cette compétence ; les modalités d'organisation, dont la durée et le coefficient, relèvent des modalités de contrôle de l'établissement.

Les documents DT 1 à DT 3 fournissent les données nécessaires. Les réponses aux calculs seront accompagnées des unités et d'un arrondi cohérent avec la précision des données.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et cadre de conduite (4 points)

Comprendre l'installation, la boucle de régulation et les conditions d'exploitation

À partir du schéma et des données des DT 1 et DT 2, analysez la fonction de l'installation et la boucle de régulation du pH. Le transmetteur de pH fournit un signal linéaire de 4 à 20 mA pour une étendue de mesure de pH 2 à pH 12.



1.1 (1 point) Formulez la fonction principale de l'installation et indiquez les deux conditions de procédé qui doivent être réunies avant l'autorisation de transfert du lot.

1.2 (1 point) Pour la boucle de pH, identifiez la grandeur réglée, la grandeur réglante, l'actionneur et une perturbation plausible. Précisez le sens d'action attendu : lorsque le pH mesuré est inférieur à la consigne, la commande de dosage doit-elle augmenter ou diminuer ?

1.3 (2 points) Calculez le pH correspondant à un signal de 13,6 mA. Écrivez la relation de conversion linéaire utilisée. Indiquez ensuite si cette valeur respecte la plage de transfert du cahier des charges.

PARTIE 2 : Étude technologique et calculs de conduite (6 points)

Déterminer une dose de réactif, un temps de dosage et un bilan thermique simplifié

Les données de lot, de réactif et d'isolation figurent dans les DT 2 et DT 3. Pour le calcul de neutralisation, la quantité d'acidité titrable du lot est fournie en équivalents acides. La réaction de neutralisation est représentée par la relation stœchiométrique entre les ions hydroxyde et les équivalents acides. Aucune correction supplémentaire de rendement de réaction n'est à appliquer.

Données numériques de calcul

Grandeur	Valeur	Unité
Volume du lot	1,20	m³
Acidité titrable du lot	0,080	kmol d'équivalents acides
Fraction massique de NaOH dans la solution	0,200	sans unité
Masse molaire de NaOH	40,0	kg/kmol
Masse volumique de la solution de NaOH	1 220	kg/m³
Débit volumique nominal de la pompe doseuse	12,0	L/min
Température initiale et température cible	20 et 35	°C
Capacité thermique massique de l'eau	4,18	kJ/(kg·K)
Masse volumique du lot aqueux	1 000	kg/m³
Rendement thermique du chauffage	0,85	sans unité
Épaisseur et conductivité de l'isolant	0,050 et 0,040	m et W/(m·K)
Surface isolée et écart de température de calcul	8,0 et 15	m² et K
Coût de la solution de NaOH	0,48	€/kg de solution

2.1 (2 points) La quantité théorique de soude pure correspond à la quantité d'équivalents acides. Appliquez une majoration opératoire de 10 % à cette quantité. Calculez la masse de solution de NaOH à 20 % à doser, puis son volume à l'aide de la masse volumique fournie. Utilisez les relations de bilan massique adaptées, notamment $m_{\mathrm{NaOH,pur}} = n_{\mathrm{acide}} M_{\mathrm{NaOH}}$ et $m_{\mathrm{solution}} = m_{\mathrm{NaOH,pur}} / w$.

2.2 (2 points) À débit nominal constant, calculez la durée de fonctionnement de la pompe doseuse pour délivrer le volume trouvé à la question 2.1. Calculez ensuite le coût de la solution consommée pour un lot. Donnez les résultats en minutes et en euros, en indiquant les unités intermédiaires utiles.

2.3 (2 points) Calculez la résistance thermique surfacique de l'isolant selon $R = e/\lambda$. En supposant un transfert unidimensionnel et en négligeant les résistances de surface, estimez la puissance thermique perdue selon $\dot{Q} = A\Delta T / R$. Calculez enfin l'énergie théorique nécessaire pour chauffer le lot de 20 °C à 35 °C, puis l'énergie fournie au chauffage en tenant compte du rendement de 0,85. Présentez ces deux énergies en kWh, avec $1\ \mathrm{kWh} = 3\,600\ \mathrm{kJ}$.

PARTIE 3 : Préparation de conduite et gestion d'un fonctionnement dégradé (6 points)

Établir une séquence de conduite, exploiter la supervision et préparer la communication technique

La séquence de conduite est réalisée en mode automatique. L'opérateur vérifie les permissifs avant le lancement et suit les états, mesures et alarmes sur la supervision. Les seuils, temporisations et conditions de transition utiles sont fournis dans les DT 2 et DT 3.

États de séquence et transitions à documenter

Étape	Action principale	Condition de passage à l'étape suivante	Action en cas de défaut
S0 : attente	Installation au repos, transfert fermé	Ordre de départ et permissifs validés	.....
S1 : remplissage	Remplir jusqu'au volume de lot requis	Volume atteint et mesure de niveau valide	.....
S2 : neutralisation	Agiter et doser la soude sous régulation de pH	Dose arrêtée et pH inférieur ou égal à 8,5	.....
S3 : homogénéisation	Maintenir l'agitation et attendre la stabilisation	pH entre 6,5 et 8,5 pendant 60 s	.....
S4 : transfert	Autoriser l'ouverture de XV-102	Transfert terminé ou ordre d'arrêt	.....

Relevé de supervision lors d'un incident

Heure	pH affiché	Commande pompe P-101	Débit de soude observé	État de l'alarme
10 h 14	7,2	45 %	11,5 L/min	Aucune
10 h 16	8,7	0 %	2,0 L/min	pH haut-haut actif
10 h 17	9,1	0 %	2,0 L/min	pH haut-haut maintenu

3.1 (2 points) Complétez le DR 1 en indiquant, pour chaque étape S0 à S4, une condition de passage ou de maintien cohérente avec les données du sujet et une action de mise en sécurité en cas de défaut pertinent. Votre séquence doit empêcher tout transfert si le pH est hors de l'intervalle spécifié.

3.2 (2,5 points) À partir du relevé de supervision, identifiez la dérive constatée et formulez deux causes techniques plausibles, en distinguant une défaillance de mesure d'une défaillance de l'organe de dosage ou de son circuit. Proposez les vérifications opérateur réalisables sans neutraliser les interverrouillages. Complétez le DR 2.

3.3 (1,5 point) Rédigez une transmission courte à l'équipe de maintenance comportant au minimum : l'équipement concerné, les valeurs observées, l'état de la commande, le risque procédé, les actions déjà engagées et la condition à vérifier avant remise en service.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et remise en service (4 points)

Prévenir l'exposition chimique et respecter les barrières de sécurité de l'installation

La solution de soude est corrosive et peut provoquer des lésions graves en cas de contact. La cuve est équipée d'un arrêt d'urgence, d'un dispositif de rétention et d'un rinçage d'urgence accessible. Les interventions de maintenance sur la pompe et ses conduites nécessitent la consignation des énergies et la vérification de l'absence de pression avant ouverture.

Données de prévention et exigences de conduite

Situation	Donnée ou exigence applicable
Produit	Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium à 20 %, corrosive selon la fiche de données de sécurité du site
Protection lors du raccordement ou d'une fuite	Lunettes étanches, écran facial adapté, gants compatibles avec le produit, vêtement de protection et chaussures de sécurité
Incident avec projection	Utiliser immédiatement le rinçage d'urgence et appliquer la procédure interne d'alerte et de prise en charge
Intervention sur P-101	Arrêter, isoler, consigner les énergies, dépressuriser, vérifier l'absence d'énergie et identifier l'intervention avant démontage
Références de prévention des machines	Code du travail relatif à l'utilisation des équipements de travail ; NF EN ISO 12100 pour les principes généraux de conception et d'appréciation du risque ; NF EN ISO 13850 pour la fonction d'arrêt d'urgence

4.1 (2 points) Pour une fuite de solution de soude à proximité de P-101, ordonnez les premières actions à effectuer afin de protéger les personnes et de limiter l'aggravation de l'incident. Précisez les équipements de protection nécessaires avant toute action d'intervention sur la fuite.

4.2 (1 point) Indiquez les énergies et dangers à maîtriser avant l'ouverture de la pompe ou d'une conduite, puis donnez les étapes essentielles de consignation et de vérification avant démontage.

4.3 (1 point) Énoncez les conditions minimales à vérifier et à faire valider avant le redémarrage après l'incident de surdosage : état du circuit de dosage, fiabilité de la mesure, disponibilité des protections et autorisation de reprise.

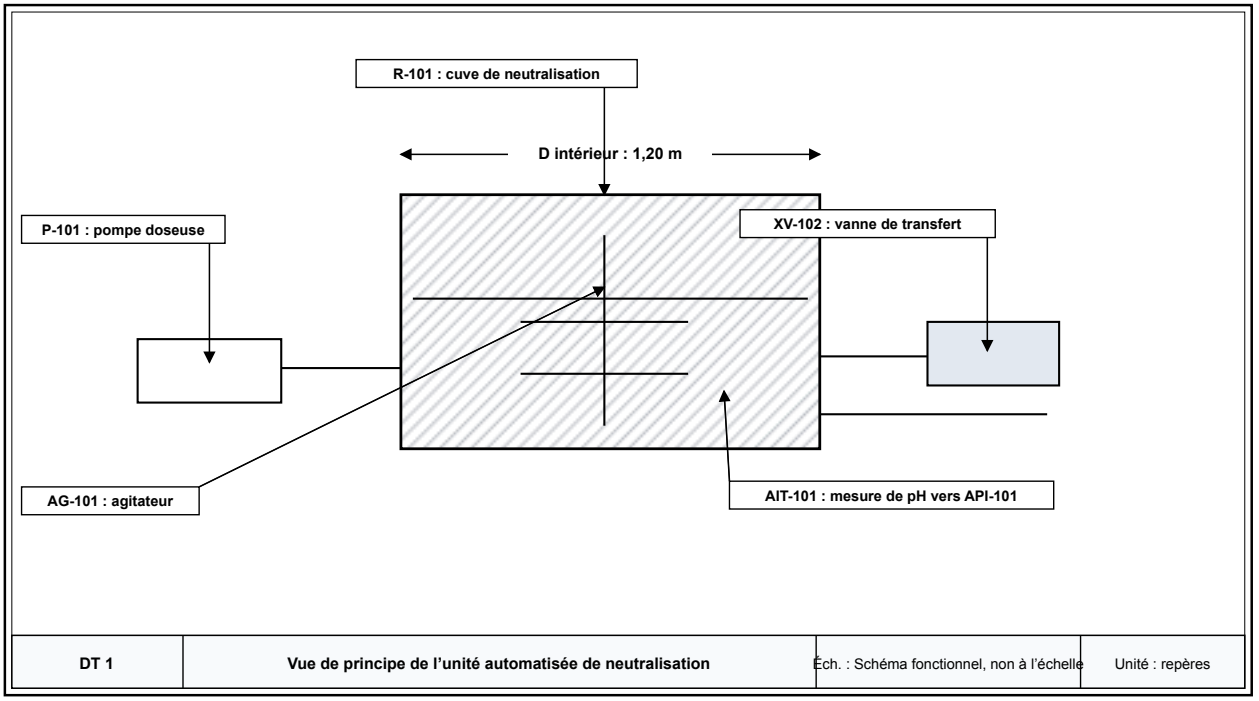
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : SCHÉMA DE PROCÉDÉ ET REPÉRAGE DES ÉQUIPEMENTS

L'unité comprend une cuve agitée R-101, une pompe doseuse P-101 alimentée par un réservoir de solution de soude, un transmetteur de pH AIT-101 relié à l'automate API-101 et une vanne de transfert XV-102. L'API commande l'agitation, la pompe et la vanne de transfert. Le schéma de procédé est fonctionnel et ne remplace pas les plans d'exécution ni les documents de consignation du site.

La vanne XV-102 est normalement fermée. La pompe P-101 est commandée par un signal de sortie de l'automate ; une commande à 0 % signifie une demande d'arrêt, mais ne prouve pas à elle seule l'absence d'écoulement hydraulique. La mesure de pH est transmise à l'automate par un signal analogique 4 - 20 mA.



DT 2 : FICHES DE CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS, ACTIONNEURS ET ÉQUIPEMENTS

Les caractéristiques ci-dessous sont les données applicables à l'installation étudiée. Le transmetteur AIT-101 est linéaire entre les limites de mesure indiquées. La conversion analogique est effectuée par l'API. Le seuil haut-haut de pH constitue un interverrouillage : il arrête la demande de dosage et interdit le transfert. Il ne dispense pas l'opérateur de vérifier l'état réel de l'installation.

Caractéristiques instrumentales et de procédé

Repère ou paramètre	Caractéristique	Valeur ou état
AIT-101	Étendue de mesure du pH	2 à 12
AIT-101	Signal de sortie	4 mA à pH 2 ; 20 mA à pH 12
AIT-101	Diagnostic de signal hors plage	Alarme instrument à moins de 3,6 mA ou au-dessus de 21 mA
P-101	Débit nominal de solution de soude	12,0 L/min
P-101	Commande automate	0 à 100 %
R-101	Volume nominal d'un lot	1,20 m³
AG-101	Condition minimale de dosage	Agitateur en marche confirmée
XV-102	Position de sécurité	Fermée en absence d'autorisation
Alarme pH haut-haut	Seuil d'activation	pH supérieur ou égal à 8,5
Autorisation de transfert	Permissifs	pH entre 6,5 et 8,5, mesure valide, séquence de lot terminée

DT 3 : DONNÉES DE LOT, SÉQUENCE AUTOMATISÉE ET PRESCRIPTIONS DE SÉCURITÉ

La cuve reçoit un lot aqueux de 1,20 m³ à 20 °C. L'acidité titrable mesurée avant traitement est de 0,080 kmol d'équivalents acides. La solution de soude contient 20,0 % massique de NaOH, a une masse volumique de 1 220 kg/m³ et coûte 0,48 €/kg de solution. Pour le calcul de dose, la conduite prévoit une majoration de 10 % sur la masse théorique de NaOH pur. La masse molaire de NaOH vaut 40,0 kg/kmol.

La pompe doseuse fournit 12,0 L/min à son débit nominal. La consigne de pH en traitement est 7,0. L'interverrouillage haut-haut est actif à pH 8,5 : il arrête la demande de dosage et interdit le transfert. Le transfert n'est autorisé que si le pH mesuré reste entre 6,5 et 8,5 pendant 60 s, que la mesure est valide et que la séquence de neutralisation est terminée.

Pour le bilan thermique, assimilez le lot à de l'eau de masse volumique 1 000 kg/m³ et de capacité thermique massique 4,18 kJ/(kg·K). Le rendement du chauffage est 0,85. L'isolant a une épaisseur de 0,050 m et une conductivité thermique de 0,040 W/(m·K). La surface isolée est 8,0 m² et l'écart de température de calcul est 15 K. Pour l'estimation de perte thermique, utilisez uniquement le modèle simplifié fourni dans l'énoncé.

La solution de NaOH est corrosive selon la fiche de données de sécurité du site. Les interventions sont réalisées conformément aux procédures locales, aux consignes de consignation et aux exigences applicables du Code du travail. Les références NF EN ISO 12100 et NF EN ISO 13850 sont citées comme références de principes de sécurité des machines et d'arrêt d'urgence ; elles ne remplacent pas l'analyse de risque ni les procédures du site.

Paramètres de séquence et seuils de conduite

Fonction	Valeur ou condition
Consigne de traitement	pH 7,0
Seuil pH haut-haut	pH ≥ 8,5
Condition de stabilité avant transfert	pH entre 6,5 et 8,5 pendant 60 s
Permissif de dosage	Mesure de pH valide et agitateur en marche confirmée
Position de XV-102 hors transfert autorisé	Fermée
Condition de fin de remplissage	Volume de lot atteint et mesure de niveau valide
Défaut de mesure ou arrêt d'urgence	Arrêt de la demande de dosage et transfert interdit

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : Question 3.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les cases laissées vides. Décrire des actions et des conditions de transition vérifiables sur la supervision ou par les équipements de l'installation.

Séquence de conduite de R-101

Étape	Action principale	Condition de passage à l'étape suivante	Action en cas de défaut
S0 : attente	Installation au repos, transfert fermé	.....	.....
S1 : remplissage	Remplir jusqu'au volume de lot requis	.....	.....
S2 : neutralisation	Agiter et doser la soude sous régulation de pH	.....	.....
S3 : homogénéisation	Maintenir l'agitation et vérifier la stabilité du pH	.....	.....
S4 : transfert	Autoriser l'ouverture de XV-102 si les permissifs sont présents	.....	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : Question 3.2 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau de diagnostic à partir des relevés de supervision du sujet. Distinguer les faits mesurés des hypothèses et proposer des vérifications compatibles avec les consignes de sécurité.

Diagnostic du dépassement de pH

Élément à renseigner	Réponse du candidat
Dérive observée et risque associé	.....
Cause plausible liée à la mesure	.....
Vérification de la chaîne de mesure sans neutraliser les protections	.....
Cause plausible liée au dosage ou au circuit hydraulique	.....
Vérification de P-101 et du circuit de dosage en sécurité	.....
Mesure immédiate de conduite et condition avant reprise	.....

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.